

SIMULASI IDENTIFIKASI KANAL LINTAS-JAMAK PADA WCDMA SECARA ADAPTIF DENGAN FILTER NLMS DAN LMS

Dhidik Prastiyanto¹, Adhi Susanto² dan Thomas Sri Widodo³

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang (UNNES)
Kampus Sekaran Gedung G6, Gunungpati, Semarang, email: dhidik02@yahoo.com

^{2,3}Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada (UGM)
Jln. Grafika, Yogyakarta

Abstract

This research was solely conducted to observe the adaptive filter ability in identification of multipath channel for Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA). The method used was limited to a simulation of multipath channel identification by adaptive filter, which imitated the characteristics of the channel. LMS (Least Mean Square) and NLMS (Normalized Least Mean Square) filter were observed, where as Kalman was used to compare the results. There were some variable to be varied in this simulation, namely the convergence variable, the filter length, and the SNR. Channel identification analysis is based on the estimated channel coefficients compared with channel coefficients, the convergence constant of adaptive filter, the adaptation time, the mean square errors (MSE), and the bit error rates. The results show that NLMS filter has a good performance in channel identification. LMS filter has largest mean square error in the channel identification. Kalman gives more precise results but has complex algorithm. Kalman left the least mean square error, which is $4.1e-34$ at 0.16 of convergence rate. All filters have good performance on signal detection in various signal to noise ratio, especially for $SNR \geq 10$ dB. Bit error rate at 10 dB SNR is $3.33e-4$.

Keywords: CDMA, channel identification, multipath, adaptive filter

1. PENDAHULUAN

Bidang telekomunikasi pada saat ini mengalami perkembangan yang begitu pesat. Perkembangan penggunaan layanan telekomunikasi tersebut membuat lebar-bidang yang disediakan semakin tidak mencukupi. Hal ini mendorong perkembangan teknologi akses-jamak. TDMA (*Time Division Multiple Access*) dan FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) digunakan untuk mengatasi hal ini. Efisiensi spektrum frekuensi dan permintaan layanan data dengan pesat data lebih tinggi mendorong perkembangan teknologi CDMA (*Code Division Multiple Access*).

Penerapan CDMA secara komersial baru dimulai tahun 1996, yaitu sistem IS-95 yang berbasis DS-SS. CDMA bidang-lebar mulai distandarisasi di Jepang tahun 1997 yang dilanjutkan di Amerika dan Eropa. Di Eropa terpilih sebagai antarmuka saluran udara (*air interface*) untuk UMTS (*Universal Mobile Telecommunication System*). Hal ini semakin memperkuat bahwa WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*) akan menjadi calon terkuat untuk sistem komunikasi selular generasi ketiga.

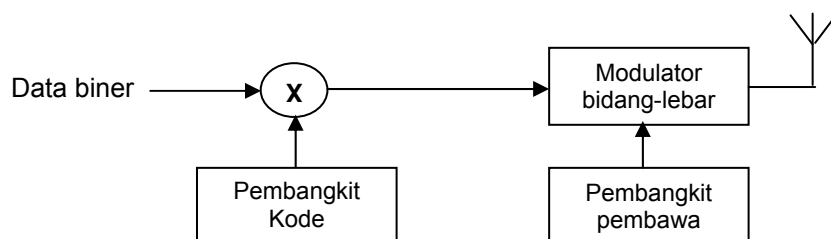
Permasalahan utama CDMA adalah pendeteksian isyarat. Permasalahan tersebut terutama ditimbulkan oleh gangguan kanal berupa interferensi antar pengguna dan berbagai derau yang disebabkan keadaan alam. Gangguan interferensi antar pengguna dapat diatasi dengan pemakaian sandi ortogonal antar pengguna. Salah satu derau yang disebabkan keadaan alam adalah derau karena lintas-jamak. Penelitian ini difokuskan pada usaha untuk mengatasi derau karena lintas-jamak.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan tapis adaptif LMS (*Least Mean Square*) dan NLMS (*Normalized Least Mean Square*) dalam mengidentifikasi kanal lintas-jamak untuk deteksi isyarat sistem CDMA, dan sebagai pembandingan digunakan tapis adaptif Kalman.

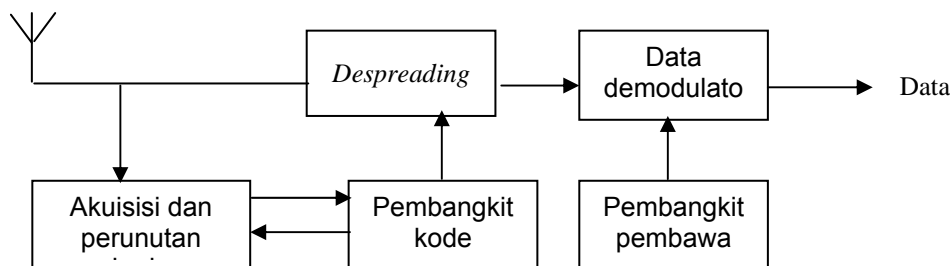
1.1. Dasar Sistem CDMA

Pada CDMA terdapat 2 teknik utama, yaitu CDMA runtun langsung dengan modulasi fase dan CDMA lompatan frekuensi dengan modulasi frekuensi. Disamping kedua teknik tersebut, juga terdapat teknik lompatan waktu.

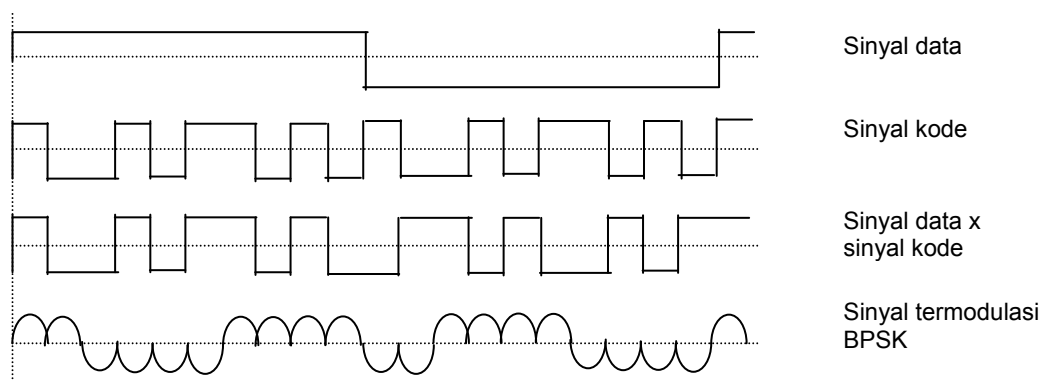
Sistem CDMA runtun langsung lebih populer, karena tidak membutuhkan penyintesis frekuensi yang harus menghasilkan frekuensi berbeda-beda dengan kecepatan tinggi. Penyebaran isyarat pada teknik ini dengan cara modulasi isyarat asli dengan isyarat lebar-bidang. Isyarat bidang-lebar dipilih dengan amplitude yang bernilai +1 dan -1 dan isyarat tersebut diubah dengan runtun acak semu dengan laju yang lebih tinggi daripada kecepatan data asli. Penerima dapat menangkap informasi dari pemancar dengan adanya sinkronisasi, sehingga dapat dibangkitkan runtun acak semu yang sama antara penerima dan pemancar. Pada Gambar 1 ditunjukkan pemancar DS-CDMA (CDMA runtun langsung). Sedangkan penerima DS-CDMA ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Pemancar DS-CDMA



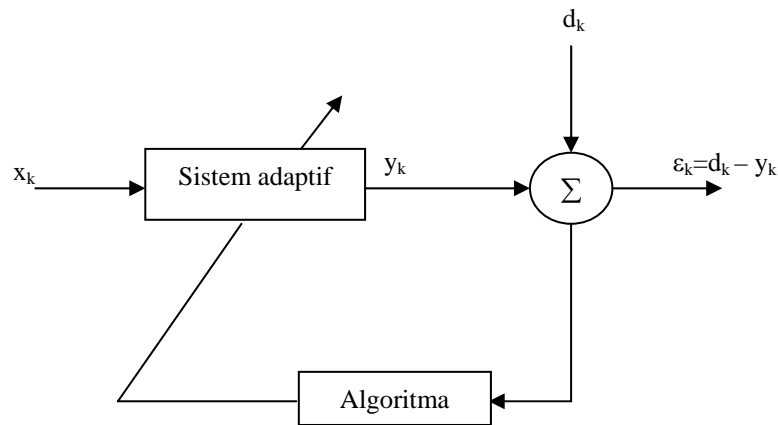
Gambar 2. Penerima DS-CDMA



Gambar 3. Pembangkitan sinyal DS-CDMA termulasi BPSK

1.2. Sistem Adaptif

Sistem adaptif adalah sistem yang dapat menyesuaikan diri dengan perubahan masukan ataupun perubahan lingkungannya. Oleh karena sistem adaptif mempunyai fungsi alih yang dapat berubah dalam rangka penyesuaian dengan lingkungannya. Secara sederhana proses adaptif digambarkan sebagai berikut:



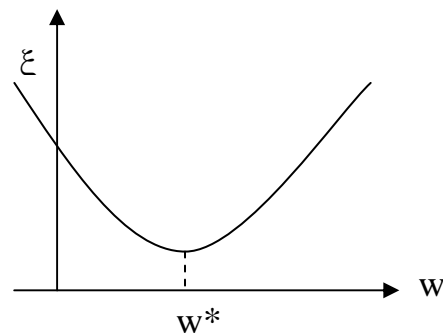
Gambar 4. Proses adaptif

1.3. Algoritma LMS dan NLMS

Algoritma adaptasi adalah pencarian titik optimal bobot. Pencarian bobot optimal untuk satu bobot dilandasi asas minimisasi persamaan galat kuadrat rerata:

$$\begin{aligned}\xi &= E\{d_k^2\} - 2W_k E_k\{d_k x_k\} + W_k^2 x_k^2 \\ &= a - bW_k + cW_k^2\end{aligned}\quad (1)$$

Secara grafis digambarkan sebagai berikut:



Gambar 5. Pencarian bobot optimal

Dalam pelaksanaannya titik optimal tidak dihitung secara analitis, tetapi dengan proses pencarian yang secara analogi proses fisis dapat dijelaskan dalam penjelasan berikut. Penurunan tebing berdasar pengukuran gradien:

$$\nabla = d\xi / dw \quad (2)$$

dan pada arah gradien negatif (turun). Selanjutnya langkah-langkah dilakukan pada arah $(-\nabla)$. Algoritma adaptif LMS dan NLMS tidak memerlukan pengetahuan watak masukan dan hanya memerlukan estimasi gradien sesuai kenyataan. Penjabarannya adalah sebagai berikut:

$$\varepsilon_k = d_k - x_k^T w_k \quad (3)$$

dan

$$\varepsilon_k^2 = (d_k - x_k^T w_k)^2 \quad (4)$$

yang merupakan galat kuadrat yang bervariasi terus, tetapi dapat diperkirakan kecenderungannya.

$$\begin{aligned} \delta \varepsilon_k^2 / \delta w_k &= 2(d_k - x_k^T w_k)(-x_k) \\ &= -2\varepsilon_k x_k \\ &= -\bar{\nabla}_k \end{aligned} \quad (5)$$

maka dapat ditulis algoritma LMS berdasarkan perkiraan gradien ini:

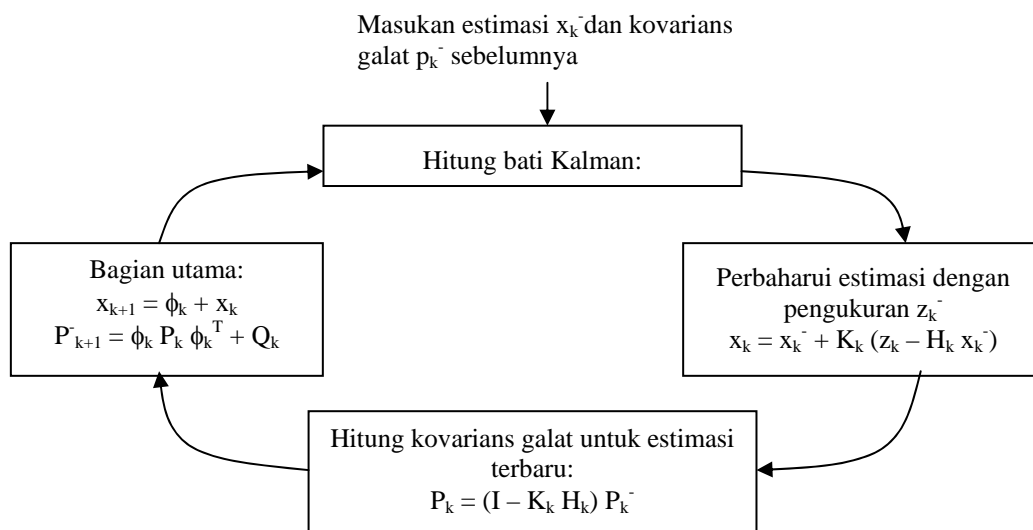
$$w_{k+1} = w_k + 2\mu \varepsilon_k x_k \quad (6)$$

Oleh karena nilai $\bar{\nabla}_k$ adalah sekedar pengganti gradien sebenarnya maka perkiraan gradien tentu saja akan menyimpang baik dalam besar maupun arahnya

Untuk algoritma NLMS perbedaannya hanya di μ yaitu pada algoritma LMS adalah tetap, sedangkan NLMS:

$$\mu = 1/(\varepsilon + \|x_k\|^2) \quad (7)$$

Dengan ε adalah suatu nilai untuk menghindari pembagian dengan nol



Keterangan:

x_k : vektor keadaan proses diestimasi

ϕ_k : matriks penghubung x_{k+1} dan x_k

z_k : vektor hasil pengukuran

H_k : matriks penghubung hasil pengukuran dengan vektor keadaan proses

Gambar 6. Algoritma Tapis Kalman

1.4. Algoritma Kalman

Tapis Kalman seperti halnya tapis LMS dan NLMS tidak memerlukan pengetahuan awal mengenai yang ditapis. Tapis Kalman langsung bekerja, dan sambil bekerja menganalisis data yang dapat diperoleh untuk bahan perbaikan kerja tapis. Dengan demikian prinsipnya adalah coba dan galat. Algoritma tapis Kalman dapat diringkas seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

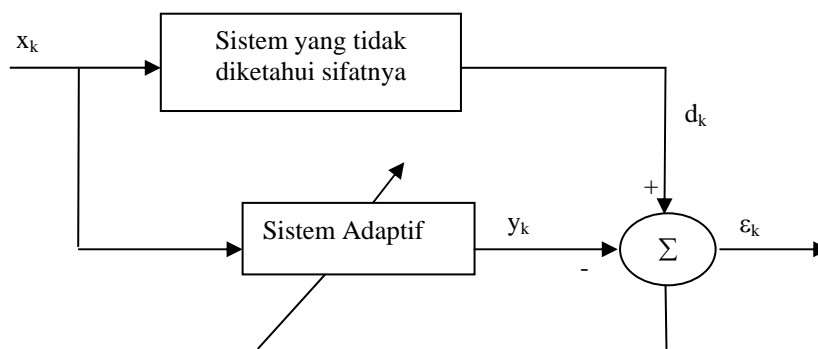
Seperti halnya tapis NLMS, ukuran langkah untuk mencapai konvergensi pada tapis Kalman tidak tetap. Perubahan ukuran langkah tergantung keadaan masukan pada estimasi sebelumnya.

1.5. Penggunaan sistem adaptif

Sistem adaptif dapat digunakan dalam berbagai macam keperluan dengan memvariasikan konfigurasi sistem adaptif maka akan didapatkan beberapa penggunaan sistem tersebut antara lain:

1. Prediktor: digunakan untuk memprediksi suatu masukan.
2. Identifikasi sistem
3. Penyama (equalizer) dan invers filtering
4. Penghapusan gangguan.

Penerapan sistem adaptif yang digunakan dalam penelitian ini adalah identifikasi sistem. Gambar proses identifikasi sistem adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Identifikasi sistem

Pada Gambar 7 apabila $\varepsilon_k \rightarrow 0$ maka $y_k \cong d_k$ atau dengan masukan x_k yang sama maka keluaran sistem adaptif akan “sama” dengan keluaran sistem yang tidak diketahui. Sistem yang diteliti dengan demikian sifatnya diwakili oleh sistem adaptif tersebut.

1.6. Kanal Lintas-jamak

Kanal lintas jamak menyebabkan fluktuasi sinyal yang diterima suatu pesawat penerima. Panjang jalur propagasi masing masing sinyal yang berbeda menyebabkan tunda waktu propagasi yang berbeda. Tiap sinyal tersebut juga berbeda dalam amplitudo. Penjumlahan sinyal yang datang dari berbagai jalur ini terkadang bersifat menguatkan terkadang bersifat melemahkan tergantung fase kedatangan sinyal. Model kanal lintas-jamak yang digunakan dalam sistem CDMA adalah memodelkan kanal lintas-jamak sebagai tiga sampai empat kanal yang mempunyai tunda waktu dan atenuasi berbeda-beda. Model ini yang umum digunakan dalam pesawat penerima RAKE.

2. CARA PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan mensimulasikan identifikasi kanal lintas-jamak pada sistem CDMA. Model kanal yang diteliti diturunkan dengan perhitungan pantulan sinyal beberapa bangunan. Untuk identifikasi kanal lintas jamak tersebut digunakan filter adaptif NLMS dengan filter adaptif LMS dan adaptif Kalman sebagai pembandingan. Filter adaptif yang telah beradaptasi diuji untuk deteksi isyarat.

Materi yang digunakan dalam objek penelitian ini adalah:

1. Isyarat sandi stasion-jamak (c_k)
 - Deretan kode stasion dasar, c_k berupa runtun (1,-1) yang dibangkitkan secara random
2. Isyarat masukan kanal lintas-jamak:
 - Isyarat masukan proses identifikasi (x) berasal dari kode stasion jamak.
 - Isyarat masukan proses deteksi (x_d)
3. Model kanal:
 - Koefisien kanal (f)
 - Derau tambahan dinyatakan dalam SNR
4. Algoritma adaptif dalam identifikasi kanal:
 - NLMS, LMS dan Kalman untuk memperbaharui bobot-bobot tapis.
 - Pesat konvergensi (μ)
 - Panjang Filter (L)

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Komputer (PC) dengan spesifikasi sebagai berikut: *processor* Intel Pentium IV 1,8 GHz, RAM 256 MHZ, *Hardisk* 40 GHz, *VGA Card* 64 Mbyte, dan *CD ROM* 52X.
2. Perangkat-lunak MATLAB

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan berikut:

Tahap 1: Menentukan kode PN yang akan digunakan pada identifikasi dan deteksi.

Tahap 2: Pemodelan kanal yang digunakan.

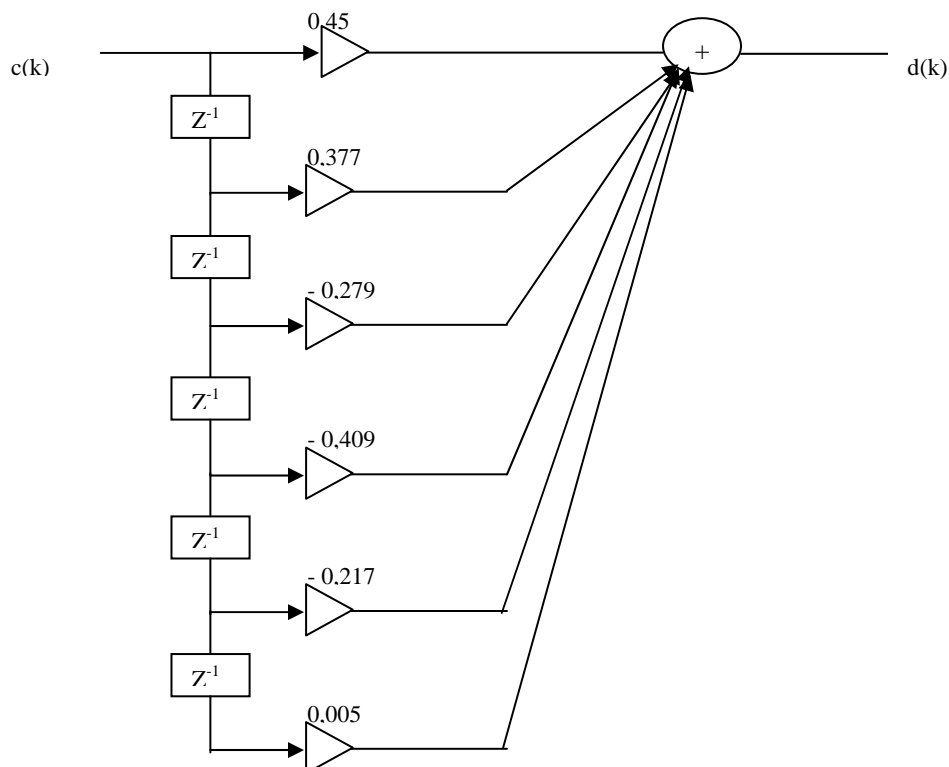
Tahap 3: Implementasi identifikasi model dengan beberapa tapis adaptif yang telah dipilih.

Pengamatan dilakukan terhadap kemampuan tapis adaptif dalam mengidentifikasi model.

Tahap 4: Penerapan Filter adaptif yang telah beradaptasi untuk identifikasi isyarat. Pengamatan dilakukan untuk melihat BER yang dihasilkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model kanal hasil analisis pantulan bangunan-bangunan di sekitar telefon selular ditunjukkan pada Gambar 8.

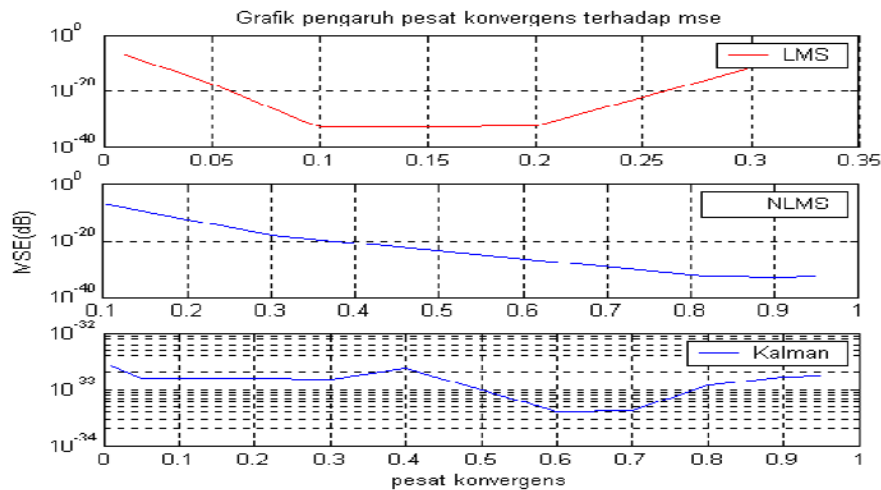


Gambar 8. Model kanal lintas-jamak

Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa gangguan pada sistem CDMA dapat disebabkan karena penundaan sinyal dengan pelemahan yang berbeda-beda. Model ini selanjutnya diteliti untuk mengatasi gangguan yang disebabkan kanal lintas-jarak.

3.1. Pengaruh μ_0 terhadap adaptasi Filter Adaptif

Pesat konvergensi mempengaruhi waktu adaptasi dan galat kuadrat dalam proses identifikasi kanal. Dalam sistem CDMA yang menggunakan pesat data tinggi dibutuhkan filter yang cepat dan mempunyai galat yang kecil. Hasil penelitian pengaruh pesat konvergensi terhadap waktu dan galat kuadrat ditunjukkan pada Gambar 9.

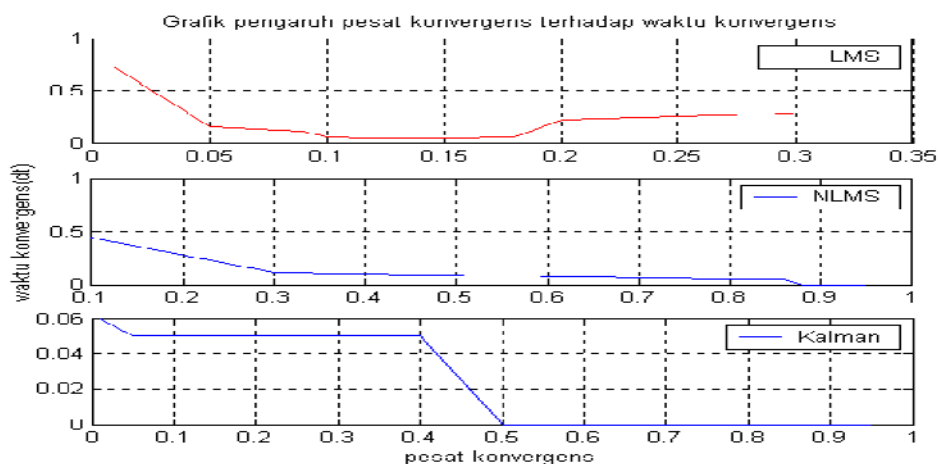


Gambar 9. Pengaruh pesat konvergensi terhadap galat kuadrat rerata

Pada Gambar 9 di atas untuk filter LMS untuk μ_0 lebih besar 0,3 bobot tidak digambarkan karena MSE menjadi divergens diatas nilai tersebut. Hal ini sesuai dengan teori bahwa untuk menjamin konvergensi bobot Nilai pesat konvergensi awal:

$$0 < \mu_0/2 < 1/L \quad (8)$$

Dengan panjang filter 6 atau $L=6$ maka untuk menjamin bobot-bobot tetap mencapai konvergensi maka pesat konvergensi harus berada dalam jangkauan $0 < \mu_0 < 0.33333$.



Gambar 10. Grafik pengaruh pesat konvergensi terhadap waktu

Pada tapis LMS didapatkan galat kuadrat rata-rata terlecil pada saat $\mu_0 \approx 0,15$. Kalau dilihat dalam jangkauan bobot untuk konvergensi μ_0 tersebut hampir berada di tengah batasan pesat konvergensi yang membuat bobot-bobot dapat mencapai konvergensi. Pada tapis NLMS tampak bahwa galat kuadrat terbaik tercapai pada $\mu_0 \approx 0.9$. Sedangkan pada tapis Kalman untuk semua nilai μ_0 galat kuadrat yang didapat hampir sama baiknya. Grafik pengaruh pesat konvergensi terhadap waktu konvergensi ditunjukkan pada Gambar 10.

Waktu yang dicapai untuk mencapai konvergensi bervariasi terhadap pesat konvergensi. LMS membutuhkan waktu yang paling lama untuk mencapai konvergensi. NLMS dan Kalman mempunyai waktu konvergensi yang hampir sama.

3.2. Pengaruh Panjang Filter adaptif

Panjang filter adaptif berhubungan dengan waktu pengolahan isyarat. Untuk sistem CDMA bidang lebar diperlukan filter dengan kecepatan tinggi. Untuk itu diperlukan informasi panjang filter yang sesuai untuk sistem ini

Tabel 1. Pengaruh panjang filter terhadap galat kuadrat rata-rata dan waktu pengolahan isyarat

No	L	LMS		NLMS		Kalman	
		MSE	Waktu (detik)	MSE	Waktu (detik)	MSE	Waktu (detik)
1.	1	0,0942	23.23	0,0729	25.11	0,0747	27.52
2	2	0,0659	28.29	0,0616	30.54	0,0550	31.64
3.	3	0,0558	34.21	0,0454	36.14	0,0424	39.21
4.	4	0,0409	41.14	0,0165	41.54	0,0123	43.67
5.	5	2,21e-05	44.27	6,81e-06	45.48	5,9e-6	47.73
6.	6	3,39e-06	55.53	3,38e-06	55.7	2,29e-06	56.85
7.	7	3,24e-06	60.69	2,99e-06	62.23	7,55e-07	65.58

Pada tabel tersebut waktu pengolahan dihitung untuk panjang kode 10000 agar dapat terlihat perbedaan waktu antara panjang filter yang berbeda. Pada tabel 4.2 diatas tampak bahwa untuk panjang filter yang lebih panjang dari kanal (panjang kanal 6) galat kuadrat rata-rata yang didapatkan sangat baik. Untuk panjang filter yang lebih pendek dari kanal, galat kuadrat rerata naik cukup besar dengan memperpendek filter dengan panjang 5 menjadi panjang 4. Penambahan panjang filter lebih panjang daripada koefisien kanal tidak memberikan hasil yang cukup signifikan. Secara teori hal ini dapat dijelaskan sebabnya yaitu karena koefisien kanal model tundaan keenam relatif kecil dibandingkan koefisien lainnya, sehingga pemotongan koefisien tidak akan begitu mempengaruhi sifat kanal.

Untuk panjang filter yang lebih panjang dari kanal dalam praktek dapat dikatakan tidak ditemui sebab pada dasarnya kanal jalur-jamak mempunyai jumlah lintasan yang sangat banyak. Kanal lintas-jamak mempunyai koefisien yang panjang, akan tetapi lintasan yang tertunda jauh biasanya dapat dianggap nol.

Pada tabel waktu pengolahan terlihat bahwa filter LMS mempunyai waktu pengolahan yang paling sedikit. Hal ini berhubungan dengan algoritma yang dipergunakan masing-masing filter. LMS mempunyai algoritma paling sederhana diikuti NLMS, terakhir Kalman.

Untuk kesimpulan secara umum panjang filter adaptif yang digunakan dalam identifikasi kanal disesuaikan dengan karakteristik kanal yang diidentifikasi. Kriteria yang bisa dipakai adalah panjang koefisien kanal yang masih cukup besar untuk diabaikan. Hal ini berhubungan dengan kondisi fisik kanal. Dengan melihat waktu pengolahan isyarat dan galat kuadrat rerata masing masing filter dapat dilihat panjang efektif filter. Untuk penelitian ini panjang filter adaptif yang efektif adalah 5 karena waktu yang dibutuhkan tidak terlalu banyak sedangkan galat rerata

cukup baik. Untuk panjang 6 dan 7 tidak terdapat peningkatan galat rerata kuadrat yang dihasilkan sedangkan waktu bertambah lama.

3.3. Pemulihan Isyarat

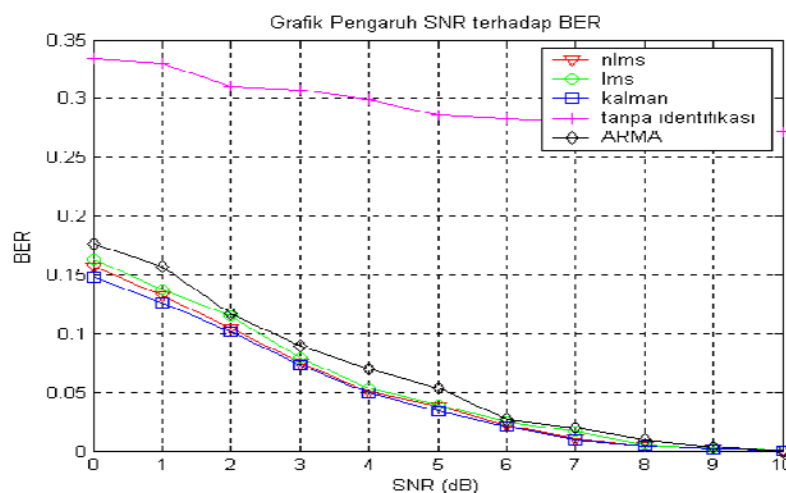
Pemulihan isyarat yang diteliti dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketepatan untuk mendapatkan data seperti sebelum melewati kanal lintas-jamak. Jadi model deteksi isyarat yang dibuat dimaksudkan untuk mendapatkan isyarat kembali setelah proses identifikasi kanal.

Tabel 2. Pengaruh SNR terhadap probabilitas galat bit hasil deteksi

No	SNR (dB)	BER (LMS)	BER (NLMS)	BER (Kalman)	BER (ARMA)	BER tanpa proses identifikasi
1.	0	0,1630	0,1573	0,1483	0,1767	0,3343
2.	1	0,1373	0,1327	0,1267	0,1567	0,3300
3.	2	0,1153	0,1053	0,1020	0,1167	0,3103
4.	3	0,0797	0,0753	0,0733	0,0900	0,3077
5.	4	0,0537	0,0507	0,0500	0,0700	0,2993
6.	5	0,0393	0,0380	0,0343	0,0533	0,2857
7.	6	0,0253	0,0220	0,0210	0,0267	0,2830
8.	7	0,0167	0,0110	0,0100	0,0200	0,2800
9.	8	0,0057	0,0050	0,0043	0,0100	0,2783
10.	9	0,0027	0,0023	0,0020	0,0033	0,2767
11.	10	3,33e-4	3,33e-4	3,33e-4	6,4e-4	0,2713
12.	15	0	0	0	0	0,2693
13.	20	0	0	0	0	0,2717
14.	40	0	0	0	0	0,2714

Pada Tabel 2 terlihat bahwa hasil deteksi menunjukkan hasil yang baik, bahkan pada kondisi SNR 0 dB masih dapat terdeteksi walaupun probabilitas galat bit cukup besar sekitar 0,15. Perbedaan probabilitas galat bit yang dicapai dengan proses identifikasi dan tanpa identifikasi cukup besar, terutama untuk SNR yang tinggi. Ketiga algoritma dengan model filter FIR lebih baik dibandingkan filter dengan model ARMA karena model yang diidentifikasi adalah *Moving Average*.

Guna memperjelas filter yang menghasilkan probabilitas galat terkecil disajikan grafik secara keseluruhan seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Pengaruh SNR terhadap BER

Pada Gambar 11 terlihat bahwa ketiga filter menghasilkan BER yang hampir sama kecil. Kalman sesuai dengan galat kuadrat rerata yang diperoleh, menghasilkan BER yang lebih kecil

dibanding NLMS, LMS, diikuti model ARMA. Berdasarkan hasil-hasil yang telah disajikan dalam penelitian ini dapat dikatakan bahwa ada kecenderungan filter adaptif dapat dipakai untuk mengatasi gangguan kanal lintas-jamak.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, gangguan yang disebabkan oleh kanal lintas-jamak dapat diatasi secara adaptif. Ketiga filter yang digunakan mencapai probabilitas galat bit yang cukup baik untuk $\text{SNR} \geq 10$ dB. Pada SNR sama dengan 0 dB yang berarti daya gangguan sama dengan daya derau, filter adaptif masih mampu mengatasi dengan probabilitas galat bit 0,16. Nilai konvergensi berpengaruh terhadap waktu adaptasi dan galat rata-rata kuadrat pada filter LMS maupun NLMS, tetapi kurang berpengaruh pada filter Kalman. Nilai pesat konvergen yang terlalu kecil menyebabkan waktu adaptasi yang lebih lama dan galat rata-rata kuadrat yang lebih besar. Panjang filter adaptif harus disesuaikan dengan karakteristik kanal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Caire, G., P. A. Humblet, and A. Nordin, 2002, "Initial Synchronization of DS-SS via Bursty Pilot Signal", *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 50, pp. 677-685.
- [2] Evans, S., 2002, "Optimal Resource Allocation for Pilot Symbol Aided Multiuser Receiver in Rayleigh Faded CDMA Channels", *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 50, pp. 1316-1325.
- [3] Meilstein, L. B., and M. K. Simon, 1996, "Spread Spectrum Communications", in *Mobile Communications Handbook*, Gibson, J. D., Texas, CRC Press.
- [4] Ojanpera, T., and R. Prasad, 1998, "Wideband CDMA for Mobile Communication Third Generation", Boston-London, Artech House.
- [5] Schober, R., W. H. Gerstacker, and A. Lampe, 2002, "Noncoherent MMSE interference Suppression for DS-SS", *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 50, pp. 577-587.
- [6] Torrieri, D., 2002, "Instantaneous and Local Mean Power Control for Direct Sequence CDMA Cellular Network", *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 50, pp. 1310-1311.
- [7] Widrow, B., and D. S. Stearns, 1985, "Adaptive Signal Processing", New Jersey, Prentice-Hall.
- [8] Yang, Z., and X. Yang, 2002, "Blind Turbo Multiuser Detection for Long-Code Multipath CDMA", *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 50, pp. 112-124.
- [9] Zhou, S., G. B. Giannakis, and C. L. Martret, 2002, "Chip-Interleaved Block-Spread Code Division Multiple Access", *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 50, pp. 235-247.